

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 03286208  
 PUBLICATION DATE : 17-12-91

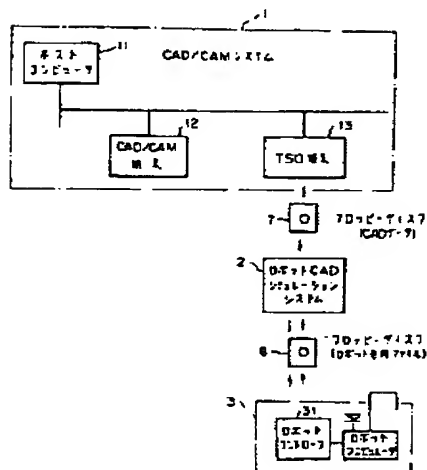
APPLICATION DATE : 31-03-90  
 APPLICATION NUMBER : 02085816

APPLICANT : MAZDA MOTOR CORP;

INVENTOR : SASAKI HITOSHI;

INT.CL. : G05B 19/403 B25J 9/22 G05B 19/42

TITLE : TEACHING DEVICE FOR ROBOT BY  
 COMPUTER SIMULATION



ABSTRACT : PURPOSE: To obtain a system capable of dealing with various kinds of real robots by providing a CAD data generating means, a preteaching data generating means, and a converting means into robot teaching data.

CONSTITUTION: A CAD/CAM system 1 includes a host computer 11, a CAD/CAM terminal 12, and a TSO terminal, etc., and generates the CAD data of a car body or a jig at a work side, and delivers it to a robot CAD simulation system through a floppy disk 7. The system 2 executes the simulation of the locus control and the coating variable setting of a robot spray gun on the basis of the CAD data, and delivers a result to the robot 3 through the floppy disk 8. The robot 3 controls a manipulator 32, and changes a coating variable. Through this constitution, even if the kind of a machine of the robot is changed, it can be dealt with by only the change of a conversion program, and a program to calculate the variable of the robot in the pre-teaching data generating means need not be changed. Therefore, the system can deal with various kinds of the real machines in common.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio



EP34868 (46)

⑨ 日本国特許庁 (J P)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A) 平3-286208

⑮ Int. Cl. <sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)12月17日

G 05 B 19/403  
B 25 J 9/22  
G 05 B 19/42

C 9064-3H  
Z 8611-3F  
J 9064-3H

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 計算機シミュレーションによるロボットのティーチング装置

⑯ 特 願 平2-85816

⑰ 出 願 平2(1990)3月31日

⑱ 発 明 者 佐々木 均 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

⑲ 出 願 人 マツダ株式会社 広島県安芸郡府中町新地3番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 村田 実 外1名

明 細 書

1 発明の名称

計算機シミュレーションによるロボットの  
ティーチング装置

2 特許請求の範囲

(1) ワークに関するCADデータを生成する手段と、該CADデータにロボットの軌道データを入力しつつロボットの変数を演算してプリティーチングデータを生成する手段と、該プリティーチングデータをロボットプログラミングシステムのロボットティーチングデータに変換する手段とを具備してなる、計算機シミュレーションによるロボットのティーチング装置。

3 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、CAD/CAM等の計算機シミュレーションによるロボットのティーチング装置に関するものである。

例えば自動車産業においては、近年の産業ロボット導入量の増加と商品車種の多種多様化に伴

い、ロボットの作業設計の困難化、あるいはティーチング工数の増大などの種々の問題が顕在化している。現在、これらの問題を解決する手段として、ロボットのティーチングを計算機シミュレーションで行うロボットCADシミュレーションシステムが有力視されている。

一方、例えば塗装ロボットでは、ワークに対する塗装ガンの軌道制御だけでなく、塗料吐出量等の塗装変数の制御も重要であり、計算機シミュレーションによるロボットティーチング装置でも、これら塗装変数のティーチングも的確に行えることが必要とされる。

[従来の技術]

ロボットの導入にあたっては、ロボットの作業設計が必要となる。このロボットの作業設計とは、工程設計に基づいてロボットの行うべき作業を設定した後、作業を行うのに必要なロボットの形式、機種、レイアウト、ツール、作業手順、周辺設備等の仕様を、ロボットの動作姿勢や作業能力(サイクルタイム等)を事前評価しながら決定

していく作業である。

この作業設計の時点での検討は、ロボットとワークを実際に用いることができないため、設計者は複雑なロボットの動きを頭の中で三次元的に想像しながら検討を行うことを強いられる。このため作業設計における不備の多くが、この不確かな想像に起因して生じることになる。

これを解決する手法として、近年、計算機によるロボット C A D シミュレーションが導入されつつある。ロボット C A D シミュレーションとは、これまで実機ロボットを用いてティーチングプレイバック方式（直接形教示方式）でティーチングしていたものを計算機を用いて行うものであり、ディスプレイ上にロボットとワーク、治具、周辺設備等を映し出してシミュレーションしながらティーチングを行って、そのティーチングデータを実機ロボットにダウンロードしてロボットを動作させており、それにより不確かな想像を無くし、適用検討における不備を解消するものである。

効果を得ることができる。

一方、例えば塗装ロボットなどでは、塗装ガンの軌道制御だけでなく、塗装変数の制御も重要な要素となっており、軌道制御を正確に行えるだけでは不十分である。塗装変数とは、塗料吐出量、塗装静電圧、霧化圧等であり、これらはこれまで人間の熟練や勘に頼ることが多く、塗装の仕上がりを評価しながら設定されている。

この塗装変数の設定は、従来実機ロボットによりティーチングプレイバック方式で行われていたが、その場合のティーチングの良否の判定は、塗装ガンで実際に塗料の噴霧を行い、その塗料が乾いた仕上がりを評価しつつ行う必要があるため、ティーチングに多大な手間と時間を要することになる。このため軌道制御等についてロボット C A D シミュレーションを行っても、塗装変数を従来のティーチングプレイバック方式で行ったのでは、C A D シミュレーションの効果が少ないといえる。

よってロボット C A D シミュレーションにおい

このロボット C A D シミュレーションについて自動車用産業ロボットを例にして更に詳しく説明する。まずコンピュータによりボデー、バンパー、塗装ガン、治具などのワークデータを作成し、このワークデータに基づいて、コンピュータディスプレイ上にロボットとワークを映し出してシミュレーションしながら、ティーチングデータを作成する。この作成したティーチングデータをコンピュータの自動シミュレーションモードで干渉チェック、サイクルタイム等の良否を確認し、確認結果が良であれば、そのティーチングデータをロボット言語に変換・生成して、実機ロボットにダウンロードする。実機ロボットではこのティーチング結果を確認しつつ実行する。

〔発明が解決しようとする課題〕

上述のロボット C A D シミュレーションは、例えば溶接ロボットのように、ロボットの軌道制御、すなわち位置決め精度、軌跡のなまり精度、速度などの制御を正確に行えば十分なロボットシステムでは、かなりの確立をみせており、十分な

でも、これらの塗装変数をシミュレーションにより設定できることが、シミュレーションの十分な効果を実現する上で必要となる。このようなシミュレーションによる塗装変数の設定は従来のロボットシステムでは行われていなかったが、これを行うとすれば、ホストコンピュータで作成した C A D データに基づきロボット側のシミュレータで塗装変数データを作成する方法が考えられる。

しかしながら、実機ロボットは、その製造メーカーにより各社各様の仕様となっており、一つのシステムに機種の変化する種々のロボットを採用して塗装変数の制御も行おうとした場合には、その機種の変化する各実機ロボット対応に、塗装変数の演算・生成のプログラムをそれぞれ個別に作成しなければならない。

この場合、ロボット製造メーカーは、ユーザのワークと塗装変数の関係について熟知していない場合もあり、その場合、塗装変数の設定が的確に行われるとは必ずしもいえない。このため、ユー

ザ側は各社のロボット対応に塗装変数の生成プログラム作成作業に関与することが必要となる。このことは結果としてユーザ側の作業負担を非常に増大させることになる。

本発明は上述の事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、塗装変数などの変数の設定に関して、機種異なる種々の実機ロボットに対しても、共通的に対応できる計算機シミュレーションによるロボットのティーチング装置を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

上述の課題を解決するために、本発明に係る計算機シミュレーションによるロボットのティーチング装置は、ワークに関するCADデータを生成する手段と、このCADデータにロボットの軌道データを入力しつつロボットの変数を演算してブリティーチングデータを生成する手段と、このブリティーチングデータをロボットプログラミングシステムのロボットティーチングデータに変換する手段とを具備してなる。

〔作用〕

上述の構成によれば、実機ロボットの機種を変更した場合でも、ロボットティーチングデータ変換手段での変換プログラムを変更するだけで対応でき、ブリティーチングデータ生成手段におけるロボットの変数を演算するプログラムは変更する必要がない。よって、ロボットの変数設定に関し、各種の実機ロボットに対して共通的に対応できるシステムを実現できる。

〔実施例〕

以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。

第1図には本発明の一実施例としての計算機シミュレーションによるロボットのティーチング装置のハードウェアによるシステム構成が示される。また第2図には第1図の実施例装置を機能ブロックで表現した構成図が示される。この実施例装置は本発明を塗装ロボットに適用した場合のものである。

第1図において、1はCAD/CAMシステム

であり、ホストコンピュータ11、CAD/CAM端末12、TSO端末13等を含み構成される。このCAD/CAMシステム1はワーク側すなわちボデー、バンパー、治具などのCADデータを作成するものであり、作成したCADデータはフロッピーディスク（または磁気テープ）7にダウンロードされて、フロッピーディスク7を介してロボットCADシミュレーションシステム2に受け渡される。

ロボットCADシミュレーションシステム2はパーソナルコンピュータなどで構成され、受け渡されたCADデータに基づいて、ロボット塗装ガンの軌道制御や塗装変数設定のシミュレーションを行うものであり、そのシミュレーション結果として作成されたロボットティーチングデータはロボット言語に変換されてフロッピーディスク8にダウンロードされ、フロッピーディスク8を介して塗装ロボット3に受け渡される。

塗装ロボット3はロボットコントローラ31と塗装ガンを先端に持つロボットマニピュレータ3

2とを含み構成され、マニピュレータ32の軌道制御と塗装ガンの各種塗装変数の制御ができ、ロボットCADシミュレーションシステム2からロボットコントローラ31に受け渡されたロボット言語に基づきマニピュレータ32を軌道制御し、また塗装ガンの塗装変数を変える。

ロボットCADシミュレーションシステム2の更に詳細な構成が第2図を参照しつつ以下に説明される。図示の如く、このロボットCADシミュレーションシステム2は、CADデータ自動圧縮システム21、ティーチングシステム共通CADデータインタフェース（CTCD-CADインタフェース）22、塗装変数自動設定システム23、ティーチングデータインタフェース24、CTCD-CADインタフェース25、ロボットプログラミングシステム26等を含み構成される。

CADデータ自動圧縮システム21は、CAD/CAMシステム1から受け渡されたCADデータ中の不要なデータを削除してCADデータ

の自動圧縮を行い、CTCD(Common Teaching Cad Data: ティーチングシステム用CADデータ) - CADデータファイルを作成するものである。このCTCD - CADデータは各種のティーチングシステムに共通して渡すことのできるCADデータである。この自動圧縮は、CAD/CAMシステム1からのCADデータは、そのファイルサイズおよび座標データ点数が非常に膨大なため、これをそのままティーチングシステムで取り扱うとシステムの計算処理に支障を来すので、所定のCAD座標データ点数圧縮条件に従って適当なファイルサイズに圧縮するものである。CAD座標データ点数圧縮条件は、最大偏心量、最大長限定量、引返しティーチング評価角度などの項目について設定される。

CADデータ自動圧縮システム21で作成したCTCD - CADデータはCTCD - CADインタフェース22および25に受け渡される。CTCD - CADインタフェース22はこのCTCD - CADデータを後述の塗装変数自動設定シス

テム23で使用できる形態のワークCADデータに変換して受け渡すものである。またCTCD - CADインタフェース25はこのCTCD - CADデータを所定の変換ファイルに従って後述のロボットプログラミングシステム26で使用する形態のRPS - CADデータに変換するものである。なおRPSはロボットプログラミングシステム(Robot Programming System)を表す記号であり、以下の説明においても同じである。

塗装変数自動設定システム23はロボット・ブリティーチングと塗装変数の設定を行う部分である。

ロボット・ブリティーチングは、CTCD - CADデータに基づき、計算機のCRTディスプレイ上にワーク(ボデー、バンパー、治具など)と、塗装ガンに相当する矢印のみを出力して、矢印の先端を塗装ガンの先端、矢印の傾きを塗装ガンの傾きと見なして、CRTディスプレイに映し出したワークと矢印を見ながら、人間による作業で矢印を操作・移動させつつシミュレーションを

行い、ロボットのティーチングポイントと矢印の傾きを設定するものであり、これによりブリティーチングデータ(あるいはロボットティーチング中間言語)が作成される。

このブリティーチングにあたってはロボットの全体像は出力しない。したがって、この過程ではロボットの各軸の状態や干渉チェックを行うことはできないが、計算機側ではロボット関係の計算処理の必要がないため、非常に高速なシミュレーションが可能となる。なおこの過程においてCRTディスプレイ上に矢印周辺物、例えば塗装ガンやバルブなどを出力することもできる。

上述のティーチング処理と同時に、塗装変数自動設定システム23により塗装変数の設定が行われる。塗装変数は、塗装吐出量、塗装静電圧、霧化圧、ガン速度、ガンのON/OFF、ガンのチルト、ガンの押出流体切替えON/OFFなどの塗装に必要な様々な変数である。そして、所望の塗装膜厚を得るために必要な塗装変数は、ワークの形状等を規定したCTCD - CADデータおよ

びワークに対する塗装ガン(矢印)の軌道を規定した軌道データに基づき、既知の所定の算出理論式に従って求めることができ、塗装変数自動設定システム23では、ティーチング処理と同時に適切な塗装変数を計算機が自動的に演算・設定し、これらワークデータ、軌道データ、塗装変数などをブリティーチングデータとするものである。

なお、この塗装変数自動設定システム23では、ロボットブリティーチング補正も行われるようになっている。すなわち、ここで設定されたロボットブリティーチングデータは矢印先端のティーチングポイント座標と傾き(ベクトル)の値であり、それぞれ塗装ガン先端の座標と傾きの値であるため、後の過程のロボットプログラミングシステム26でロボットティーチングを行うためにそれぞれの値をロボットのアーム先端の座標値とアーム先端の傾きの値に補正するものである。この際、補正值は人間作業で設定され、その他の処理は計算機が自動的に行う。

塗装変数自動設定システム23で作成された、

### 特開平3-286208(5)

塗装変数を含むブリティーチングデータは次にティーチングデータインタフェース24に受け渡される。

ティーチングデータインタフェース24は、この塗装変数を含むブリティーチングデータを、後の過程のロボットプログラミングシステム26が使用できるように、予め用意された変換ファイルに基づき、当該ロボットプログラミングシステム26用のフォーマットのRPSロボットティーチングデータに変換して、ロボットティーチングデータファイルを生成するものである。

この主処理の一例を以下に示す。例えばロボットを6軸とした場合、ティーチング中間言語（ブリティーチングデータ）からティーチング座標とベクトル値を読み取り、ティーチング座標値を6軸先端座標値として、ロボットの逆キネマティクス演算を行って、ロボットプログラミングシステム内のロボット座標系を設定する。なおティーチング座標6軸座標値とする補正は塗装変数自動設定システム23で行う。また、ティーチング中間

言語から塗装ガンの吐出量、ON/OFF、スピード等の値を読み取り、これをロボットプログラミングシステム26に設定する。更に、ティーチング中間言語に不足する変数、例えば加速設定等を、ロボットプログラミングシステム側のなんらかのイニシャル値としてロボットプログラミングシステム26に設定する。

ロボットプログラミングシステム26はティーチングデータインタフェース24およびCTCD-CADインタフェース25から受け渡されたRTS-CADデータに基づき、ワークCADデータ修正、ロボットティーチング、ロボットティーチング検証、ロボットティーチング補正、ロボットティーチングデータのロボット言語変換などの各処理を行う。以下、これらの処理を順に説明する。

ワークCADデータ修正は、必要に応じてロボットプログラミングシステム26のCAD機能を使用して、CADデータ自動圧縮システム21で作成したCTCD-CADデータを修正するも

のである。またCTCD-CADデータの修正以外に、この段階で不足するデータの作成、およびロボット付属物（CCV、バルブ等）の作成など、CTCD-CADデータによらずとも、ロボットプログラミングシステム26のCAD機能を使用して新規にCADデータを作成できる。

例えば、RPS-CADデータを、ロボットCADシミュレーションティーチングに適するように、CRTディスプレイを見ながら編集するものであり、編集内容として、CADデータ中の不要な線を削除する、CADデータ中の不適な箇所を修正する、CADデータ中に不足する箇所を作成する、塗装治具やロボット付属物（塗装ガン、CCV、バルブ等）の存在しないCADデータファイルを作成する、不要になったCADデータファイルを削除するなどの処理ができる。

ロボットティーチングは、ロボットプログラミングシステム26のロボットティーチング機能を使用してロボットティーチングデータを作成するものである。ここではCRTディスプレイ上に、

RPS-CADデータをもとに作成したワーク（ボデー、バンパー、治具等）と、ロボットライブラリから選択したロボットを出力してシミュレーションしながら、ロボットティーチングデータを作成していくものである。

ロボットティーチング検証は、上述のロボットティーチングで作成したロボットティーチングデータの検証を行うものであり、不適當であれば修正する。これにはプレイバックシミュレーションによる検証、ガン軌跡表示、サイクルタイム算出などが利用できる。

ロボットティーチング補正は、必要に応じて、ティーチングデータの座標形の補正等のロボットティーチングデータの補正を行うものである。

ロボットティーチングデータのロボット言語変換は、塗装変数を含むロボットティーチングデータをロボット言語に変換・生成して、フロッピーディスク8上に登録して、フロッピーディスク8を介して塗装ロボット3に持っていき、塗装ロボット3を実際に動かすものである。逆に塗装ロ

ボット 3 からロボット言語を吸い上げてきた場合にはロボット言語から R P S ロボットティーチングデータを変換・生成してロボットプログラミングシステム 2 6 に取り込む。

最後に塗装ロボット 3 では、ロボット C A D シミュレーションシステム 2 から受け渡されたロボット言語に基づき、ロボットコントローラ 3 1 の制御下にマニピュレータ 3 2 を制御し、その先端に取付けられた塗装ガンの軌道と塗装変数の制御を行う。

以上のようなシステムとなっているため、塗装ロボットの機種を変更した場合でも、ロボットプログラミングシステム 2 6 への変換プログラムを変更するだけでよく、いかなる種類のロボットに対しても共通的に対応することができる。

本発明の実施にあたっては種々の変形形態が可能である。例えば、上述の実施例では、本発明を塗装ロボットに適用した場合について説明したが、これに限られず、本発明は種々のロボットシステムに適用することができる。

〔発明の効果〕

以上に説明したように、本発明によれば、塗装変数などの変数の設定に関して、機種の異なる種々の実機ロボットに対しても、変数データの変換プログラムの変更だけで共通的に対応できる計算機シミュレーションによるロボットのティーチング装置を提供することができる。

特に本発明を塗装ロボットに適用した場合には、塗装仕上り評価などの変数が折り込め、より好ましいオフラインティーチングが可能となる。

#### 4 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明の一実施例としての計算機シミュレーションによるロボットのティーチング装置のハードウェア構成を示すブロック図、および、第 2 図は実施例装置を機能ブロック的に表現したブロック図である。

図において、

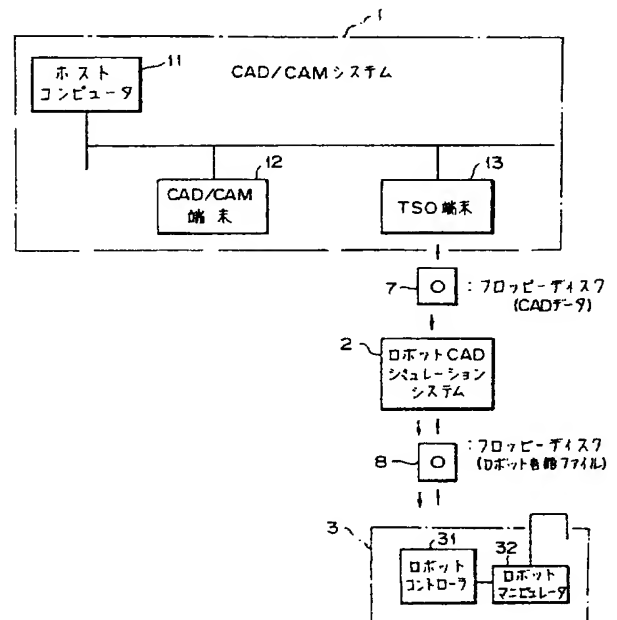
1 … C A D / C A M システム

- 2 … ロボット C A D シミュレーションシステム
- 3 … 塗装ロボット
- 7、8 … フロッピーディスク
- 11 … ホストコンピュータ
- 12 … C A D / C A M 端末
- 13 … T S O 端末
- 21 … C A D データ自動圧縮システム
- 22、25 … C - T C D - C A D インタフェース
- 23 … 塗装変数自動設定システム
- 24 … ティーチングデータインタフェース
- 26 … ロボットプログラミングシステム
- 31 … ロボットコントローラ
- 32 … ロボットマニピュレータ

特許出願人 マ ッ ダ 株 式 会 社  
代 理 人 弁 理 士 村 田 実  
同 弁 理 士 平 井 正 司



第 1 図





第 2 図

